

M.H

PCT/JP 99/05146

09/554882

日本国特許
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

庁	0810.99
REC'D 26 NOV 1999	
WIPO	PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1998年 9月22日

出願番号

Application Number:

平成10年特許願第268010号

出願人

Applicant(s):

江藤 剛治

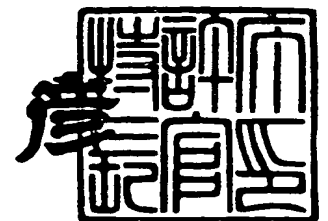
EU

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年11月12日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特平11-3077940

【書類名】 特許願

【整理番号】 162863

【提出日】 平成10年 9月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 9/00

【発明の名称】 高速撮像素子

【請求項の数】 8

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府箕面市粟生間谷東7丁目21番2号

 【氏名】 江藤 剛治

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県小田原市久野291番地の4

 【氏名】 武藤 秀樹

【特許出願人】

 【識別番号】 591128888

 【住所又は居所】 大阪府箕面市粟生間谷東7丁目21番2号

 【氏名又は名称】 江藤 剛治

【代理人】

 【識別番号】 100062144

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

 【識別番号】 100073575

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 古川 泰通

【選任した代理人】

 【識別番号】 100100170

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 前田 厚司

【選任した代理人】

【識別番号】 100111039

【弁理士】

【氏名又は名称】 前堀 義之

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 高速撮像素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射する光の強度に応じた電気信号を発生する複数の光電変換手段と、複数の電荷結合素子型電気信号転送路を備え、

光電変換手段の配列が正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置されているとともに、近接する 2 個の光電変換手段のそれぞれから電気信号転送路へ電気信号を入力する 2 個所の点を結ぶ直線と、中心線が平行もしくは直角でない電気信号転送路を備えることを特徴とする高速撮像素子。

【請求項 2】 入射する電磁波や粒子流を、その強度に応じた電気信号に変換する複数の信号変換手段と、複数の電気信号転送路を備え、

信号変換手段の配列が正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置されているとともに、近接する 2 個の信号変換手段のそれぞれから電気信号転送路へ電気信号を入力する 2 個所の点を結ぶ直線と、中心線が平行もしくは直角でない電気信号転送路を備えることを特徴とする高速撮像素子。

【請求項 3】 受光面の 1 辺から他の辺まで連続する切断可能な帯状の空間を持つことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の高速撮像素子。

【請求項 4】 受光面の一つの角を共有する 2 辺に、何も組み込まれていない細長い領域を備え、これらの 2 辺から最近の電気信号への信号変換手段までの距離と近接する信号変換手段間の距離が等しいことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の高速撮像素子。

【請求項 5】 電気信号転送路が複数の区分からなり、各区分ごとに電気信号を直接受光面外に読み出す読み出し線を備えることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の高速撮像素子。

【請求項 6】 光電変換手段又は信号変換手段から、電気信号転送路を通過することなく、直接読み出し線に接続するゲートを備えることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の高速撮像素子。

【請求項 7】 光電変換手段又は信号変換手段が設置されている升目の両端から見て等距離の位置に変換された電気信号を収集する手段を備えることを特徴

とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の高速撮像素子。

【請求項 8】 請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の高速撮像素子を備える撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

高速現象の連続撮影に適する撮像素子およびカメラに関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

高速撮影を目的とした固体撮像素子においては、フォトダイオード等の光電変換装置（以下フォトダイオードで代表する）で発生した画像信号（通常電荷）を記録装置に転送するために必要な時間が撮影速度を決める最大の要因である。このため本発明者の開発したカメラをはじめ、ほとんどの高速ビデオカメラで、多数の読み出し線を用いた並列読み出しによって撮像素子から記録装置への画像情報の転送を高速化する方法が採用されている（例えば、江藤、4, 500 枚／秒の高速ビデオカメラ、テレビジョン学会誌、Vol. 46, No. 5, 543-549 ページ、1992 年参照）。

【0003】

記録装置への転送を最短とする方法は、画像情報を撮像素子から読み出さずに、撮像素子の受光面内の全てのフォトダイオードの隣に記録装置を設ける方法である。全てのフォトダイオードから一斉に記録装置に画像情報を転送するので、受光面内のフォトダイオードの数（通常数万～数 100 万個）の並列処理による画像情報転送となる。従って 1 個のフォトダイオードから隣の記録要素への転送時間が画像 1 枚当たりの撮影速度となり、その逆数が 1 秒間あたりの撮影枚数（フレームレート）となる。これが画素周辺記録型撮像素子である。このタイプの撮像素子を、本発明者らは、ISIS (In-situ Storage Image Sensor) と呼んでいる。ISIS により 100 万枚／秒以上の撮影速度で連続撮影することができる。

【0004】

画像情報としては、電荷、電圧のようなアナログ型と、デジタル型がある。

【0005】

各画素にAD変換器を備え、最初から情報をデジタル化し、その後の処理は全てデジタル回路で行うのが理想的である。画素内に入る超小型AD変換器を作るとは理論的には可能である。しかし小型化すると変換精度が急激に下がる。精度を上げるには繰り返しサンプリング法などを使うことができるが、多数回の繰り返しには時間がかかって、超高速撮影には適さない。

【0006】

一方、画素周辺記録型撮像素子では画素サイズが大きく、数10ミクロンの長さのAD変換器を組み入れるスペースが取れること、および100万枚/秒のビデオカメラであれば数メガヘルツの比較的低い周波数で良いことを考慮すれば、将来的にはデジタル型が作れる可能性はある。

【0007】

アナログ型にも2種類ある。記録装置への画像信号の転送手段として、CCD型転送路を用い、転送路をそのまま記録装置として使う場合（以下CCD型と呼ぶ、転送型とも呼ばれる）と、MOS型のスイッチを介して、電線を通じて近傍の記録場所に送る方法（以下MOS型と呼ぶ、XYアドレス型とも呼ばれる）がある。

【0008】

MOS型では、本発明者らの提案等がある（T. Etoh and K. Takehara, Ultrahigh-speed multiframing camera with an automatic trigger, Ultrahigh- and High-Speed Photography and Photonics, SPIE Vol. 1757, pp. 53-59, 1992年、参照）。

【0009】

MOS型はノイズレベルの点でCCD型に劣るとされてきたが、近年CMOS技術の細精化に伴って、個々の画素内に30倍程度の増幅器等を組み込むことに

より、SN比を大きく改善した撮像素子が市販されるようになってきた。これらはCMOS-APS (Active Pixel Sensor) と呼ばれている。

【0010】

画素周辺記録型撮像素子としてCMOS型を採用する場合、フォトダイオード一つ一つに増幅器を付け、記録場所に転送する前に増幅できれば理想的である。超小型増幅器では、現在のところ高い周波数で大きな増幅はできない。

【0011】

ただし、デジタル型の場合と同じく、大きな画素サイズ、比較的低い数メガヘルツの周波数を考慮すれば、記録場所への転送の前段階で10倍オーダーの増幅器を入れることができる可能性は高い。

【0012】

通常のデジタルカメラやビデオカメラでは、全ての画素から順次、画像1枚分の情報を読み出す間に増幅すれば良いので増幅器の過渡応答が終了するまでに十分な時間が取れる。

【0013】

MOS系の撮像素子のランダムノイズは読み出し線の寄生容量が大きいほど大きい。画素周辺記録型素子では転送距離が数～数10ミクロンで、一般の素子のように受光面外に読み出す場合の1/1000～1/100である。また細精加工により、転送のための金属線の断面積も非常に小さくなってきた。従って画素周辺の記録要素への転送時のランダム誤差は小さい可能性がある。この場合は撮影終了後の信号読み出し時に増幅器を使えばよい。

【0014】

時間的に変化しない固定パターンノイズ(FPN)はMOS系撮像素子の一つの課題である。特にCMOS-APSでは個々の画素の増幅器等の性能にばらつきによるFPNがある。しかし科学技術計測ではFPNはほとんど問題にならない。すなわち科学技術計測では、撮影後のデジタル画像処理を行うのが普通なので、このプロセスでキャンセルできる。

【0015】

以上、現在の技術でCMOS型の画素周辺記録型撮像素子が作れる可能性は高い。

【0016】

以上がデジタル型について理想の形態ではあるが、現状ではAD変換器の小型化が課題である。CMOS-APS型については、通常の撮像素子の製作について実績が少ない。CMOS-APS型とCCD型の最終的な優劣については現段階では予測できない。CCD型とMOS型にはそれぞれ良い点があるので、良い所を組み合わせた素子を作るのが自然な流れである。

【0017】

本発明は撮影時の画素周辺記録手段としてはCCD型を用いている。撮影後の読み出しについては、MOS型を用いたものと、CCD型を用いたものの2種からなる。

【0018】

CCD型の画素周辺記録型撮像素子については、図1に示すKosonockyらの発明（米国特許第5,355,165号）があり、既に50万枚/秒の等時間間隔連続撮影が達成された。この素子の連続撮影枚数は30枚である。

【0019】

通常の撮像素子では、1個のフォトダイオードと付随する1個のCCD（電荷結合素子）型転送路からなる単位領域を1ピクセルと呼ぶ。もしくはフォトダイオードで発生し、1個のCCD要素に蓄積される1単位の画像情報を1ピクセルと呼ぶ。

【0020】

Kosonockyらは図1中の点線で囲まれている、1個のフォトダイオード1、多数の要素を持つCCD転送路5、6、操作に必要なゲート等3を含む単位領域を、マクロピクセル4と呼んでいる。これは、マクロピクセル4と、1個のCCD要素やそこに蓄えられる1画像情報とを区別するためである。以下では1マクロピクセルのことを1画素と呼ぶ。

【0021】

フォトダイオードで発生した電荷を、まず水平CCD 5上を右方向に5ステップ転送し、水平CCDの5個の要素全てが満たされると同時に下に配置した5本の並列垂直CCD 6上に転送する。この繰り返しにより、30 ($=5 \times 6$) 枚の連続画像を蓄積できる。

【0022】

さらに、もう一度垂直転送を行うと、5本の垂直CCDの最下段に蓄積された5個の画像信号は、直下の画素の水平CCD 5bに移される。次のステップで全てのフォトダイオードから水平CCDに電荷を転送するとき、直前に水平CCD 5bに移された、上の画素4の画像信号は逐次右方向に輸送され、各画素の左上隅に作られたドレーン7（この場合は右下隅の画素内のドレーン7c）に捨てられて、さらに撮像素子外に排出される。すなわち常に30個の最新の画像情報が連続上書き記録される。

【0023】

連続上書き撮影機能は、高速撮影において重要な、現象生起と撮影タイミングの同期を取る上で極めて有用である。この機能があると、撮影対象現象の生起を検出した直後に連続上書き撮影を停止すれば、その時点から過去に遡って現象が生起した時点の画像情報を再生できる。撮影対象とする超高速現象を、直前に生起することを予測して撮影を始めることは極めて難しい。一方通常、現象の生起は直ちに確認できるので、その直後に撮影を停止することは容易である。

【0024】

図1の発明の問題点は、水平CCD 5上で、電荷の転送方向が水平・垂直交互に直角に急変することである。非常に早い速度でこれを行うとどうしても不完全転送（電荷の取り残し）が生じる。また、この部分の電極配置が複雑になり、ノイズの発生の原因になる。また、電極配置が複雑になるためCCD転送路の1要素のサイズが大きくなり、記録容量（連続撮影枚数）が減る。もしくは画素（マクロピクセル）サイズが大きくなるため、同一の受光面積に対しては総画素数が減り、解像力が下がる。

【0025】

以上まとめると、Kosonockyらの発明では、水平CCD上で電荷の転送方向が2方向に交互に急変するために画質が低下することが大きな課題である。

【0026】

図2及び図3は本発明の発明者が発明した画素周辺記録型撮像素子である（特開平9-55889号公報、江藤他、ISIS（画素周辺記録型撮像素子）の性能と将来性、高速度撮影とフォトニクスに関する総合シンポジウム1997講演論文集、403～412ページ、1997年、参照）。

【0027】

図3の場合、フォトダイオード8で発生した電荷は、インプットゲート9でCCD転送路10上に乗せられ、ゆるやかな曲線11で規則的にフォトダイオードとフォトダイオードの間を斜めに横切るCCD転送路上を鉛直1方向に輸送され、6画素の長さにわたって転送されたのち、ドレーンゲート14からドレーン15に排出される。

【0028】

インプットゲート9とドレーンゲート14の間のCCD転送路の区分10に、常に最新の画像情報が連続上書き記録される。

【0029】

図2及び図3の場合、1方向転送であって急激な転送方向の転換がないため、電荷の完全輸送が可能となる。また、電極配置が単純化されるため、CCD要素サイズが小さくでき、連続上書き枚数もしくは総画素数が増える。

【0030】

ただし図2及び図3の場合、画素配列が正方配列ではなく、少しずつ右にずれていく。科学技術計測では撮影後、撮影した画像に様々なデジタル画像処理を行うので、非正方配列から正方配列への画素配列の転換等は容易である。しかし画像処理のステップ数は少ないほど画質の劣化が少ないので、可能であればはじめから正方配列にしておく方が良い。これは図2及び図3に示す撮像素子における一つの課題である。

【0031】

画素周辺記録型撮像素子では、各画素内に多くの記録要素を組み込むため、画素サイズが通常の素子の数倍以上の長さとなり、画像の再生に必要最小限の数の画素（ 256×256 程度）を持つ素子を作る場合でも、受光面積が非常に大きくなる。このような撮像素子は *large format sensor*（大型素子）と呼ばれる。大型撮像素子の歩留まり率は小さい。歩留まり率とは、製品化するときの全製造品数に対する製品（販売可能な製造品）の数の割合である。

【0032】

例えば、図3の素子では、1画素当たり、縦方向に8個のCCD要素を備え、横方向に平行に6本のCCD転送路を備えている。従って、 256×256 画素の解像力の撮像素子を作るためには、 $2000 \times 1536 (= (256 \times 8) \times (256 \times 6))$ のCCD要素を必要とする。すなわち、約300万のCCD要素を持つ撮像素子を作る必要がある。現在の技術でも無欠陥の300万要素のCCD型撮像素子を作ることは難しい。

【0033】

CCD型撮像素子では、転送に付随するノイズは非常に小さい。しかし転送路上に欠陥があると、その点より上の画素の情報が読み出せないので線状の欠陥になる。これにより、歩留まり率が大きく低下する。一方、MOS型撮像素子では読み出し線からの読み出し時のノイズは大きいですが、製造技術はCCD転送路に比べてはるかに簡単である。また、欠陥は画素単位の点状の欠陥となる場合が多い。点状の欠陥は周囲の画素の画像情報で内挿することにより補正できる。このようにCCD型撮像素子では、歩留まり率は大型撮像素子を製品化する際の最大の課題である。

【0034】

撮影条件設定時の間欠撮影操作について説明する。

【0035】

超高速撮影では非常に強い照明を必要とする。また高速転送のため撮像素子が発熱する。これらは生物試料等の劣化や熱雑音の原因になる。ただし、超高速撮影では撮影時間は1秒未満である。時間がかかるのは、撮影条件の設定時である

。従って撮影条件設定時の照明等における発熱を防止すればよい。

【0036】

電子式のビデオカメラでは、30枚/秒の画像があれば連続的に動く画像を再生できる。例えば、撮影時に100万枚/秒で連続撮影するために画角の設定や、ピント、感度等を調整しているものとする。1秒間に30回だけ、ピーク強度が撮影時の連続照明強度にほぼ等しいストロボで100万分の1秒ずつ照明する。それに同期させて1秒間に30回撮影した画像情報を使って、モニターディスプレイ上に1秒間に30回ずつ画像を再生すれば、通常のテレビジョンと同じ十分スムーズな動画像が得られる。これにより、撮影時とほぼ同じ条件で撮影した画像をオンラインでモニタリングでき、支障なく撮影条件を設定できる。一方合計の照明時間や撮像素子の操作時間は連続撮影の場合の30/1, 000, 000となり、激減する。例えば撮影条件の設定に1時間(3,600秒)かかるとしても、総照明時間は3,600×30/1,000,000秒で、わずかに0.1秒にしかない。

【0037】

CCD型撮像素子を使う場合は通常、画像を再生するためにはCCD要素内に蓄えられている画像情報を、不要なものまで含めて逐次的に一旦全て素子外に読み出す必要がある。大型の撮像素子で全ての画像情報を読み出すには高速転送を必要とし、発熱の原因となる。

【0038】

従って図1から図3の発明のように、CCD型転送路を記録手段として用いる画素周辺記録型撮像素子においては、撮影条件の設定時に、画像情報を速やかに撮像素子外に読み出すことが課題となる。

【0039】

科学技術計測においては、可視光だけでなく、紫外線、赤外線、X線、ガンマ線等の電磁波や、電子流、中性子流、イオン流等の粒子流等による画像計測も重要である。これらの電磁波や粒子流を用いた超高速撮影の手段を提供することも課題である。

【0040】

【課題を解決する手段】

上記課題に鑑み、本発明は、入射する光の強度に応じた電気信号を発生する複数の光電変換手段と、複数の電荷結合素子型電気信号転送路を備え、光電変換手段の配列が正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置されているとともに、近接する2個の光電変換手段のそれぞれから電気信号転送路へ電気信号を入力する2個所の点を結ぶ直線と、中心線が平行もしくは直角でない電気信号転送路を備えることを特徴とする高速撮像素子を提供するものである。撮影中は各画素の光電変換装置で生じた最新の画像情報（電荷）を、周辺に設けた電荷結合素子型電気転送路上を1方向に高速で転送して蓄積することにより、超高速で連続上書き撮影でき、画素配列は、正方配列となる。正方面素配列の素子は、科学技術計測において撮影終了後の画像処理が容易であるばかりでなく、歩留まり率向上のために、大型撮像素子を切り出すための切り出し線を作ることを容易にする。

【0041】

また、本発明は、入射する電磁波や粒子流を、その強度に応じた電気信号に変換する複数の信号変換手段と、複数の電気信号転送路を備え、信号変換手段の配列が正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置されているとともに、近接する2個の変換手段のそれぞれから電気信号転送路へ電気信号を入力する2個所の点を結ぶ直線と、中心線が平行もしくは直角でない電気信号転送路を備えることを特徴とする高速撮像素子を提供するものである。この高速撮像素子は、可視光だけでなく、紫外線、赤外線、X線等の電磁波や、電子流、イオン流等の粒子流を用いて超高速で連続上書き撮影できる正方面素配置の高速撮像素子となる。

【0042】

さらに本発明は、受光面の1辺から他の辺まで連続する切断可能な帯状の空間を持つことを特徴とする高速撮像素子や、受光面の一つの角を共有する2辺に、何も組み込まれていない細長い領域を備え、これらの2辺から最近の信号変換手段までの距離と近接する信号変換手段間の距離が等しいことを特徴とする高速撮

像素子を提供するものである。この場合、大型撮像素子の一部に欠陥があるとき、無欠陥部分だけを切り出して、解像力の低い安価な小型素子として使うことができる。さらに、これらを張り合わせることにより、大型素子に等価な素子を提供することができ、格段に高い歩留まり率で、比較的高い解像力で連続動画像再生に必要な連続画像枚数を超高速撮影することが可能となる。

【0043】

さらに、電気信号転送路が複数の区分からなり、各区分ごとに電気信号を直接受光面外に読み出す読み出し線を備える構成とすることにより、転送路のある区分内で欠陥があっても、それより上に位置する画素で発生した電気信号を直接受光面外に読み出すことができ、その欠陥によって生じる再生画像上の欠陥を点状の限られた欠陥にとどめるができる。点状の欠陥は、周囲の画素の画像情報を用いて補正することができる。これにより歩留まり率は格段に向上する。

【0044】

さらに、光電変換手段又は信号変換手段から、電気信号転送路を通過することなく、直接読み出し線に接続するゲートを備え構成とすることが好ましい。かかる構成とした場合、撮影条件設定時に、間欠的に照明を行いながら、CCD転送路上の画像情報を全て読み出すことなく、間欠的な照明が当たった瞬間だけの画像情報を読み出し、CCD転送路の高速転送に伴う熱雑音の発生を防ぐとともに、生物試料等の劣化を防ぎつつ、撮影装置の設定後に行う超高速撮影時とほぼ同じ条件で、撮影状態をモニタリングできる撮像素子を提供する。

【0045】

さらに光電変換手段又は信号変換手段が設置されている升目の両端から見て等距離の位置に変換された電気信号を収集する手段を備える構成とすることにより、信号変換手段内の信号の移動を促進し、より早い撮影速度を達成することができる。

【0046】

最後に、これらの撮像素子を備える撮影装置により、コンパクトで安価な100万枚/秒の超高速ビデオカメラを提供する。

【0047】

(第1実施形態)

図4は本発明の第1実施形態である。

【0048】

まず連続上書き撮影時の操作について説明する。

フォトダイオード30aで発生した画像情報(電荷)は電荷収集井戸31aに集められ、インプットゲート32aからCCD転送路33aに転送され、CCD転送路33a上を下方に転送される。

【0049】

本実施形態ではCCD上の電荷の転送は標準的な3相駆動で行う。

【0050】

本実施形態では、CCD転送路はインプットゲート32aと下の画素のインプットゲート32bを結ぶ垂直線40に平行ではなく、左に傾斜している。この傾斜のために、下の画素のインプットゲート32bから出る転送路33bを受光面内に組み入れることができる。

【0051】

転送路33aは6画素分の距離を、下方斜めに直線的に延びる。最下端にはドレーンゲート35aとドレーン36aを設けている。画像情報は転送路上を転送されたのち、ドレーン36aから素子外に排出される。後述のごとくドレーンゲートは読み出しゲートと併用している。

【0052】

図5は図4を拡大したものである。転送路33aには1画素あたり10個のCCD要素34が作られているから、6画素分の長さで60個のCCD要素がある。これが記録装置となる。すなわち常に画像60枚分の最新の画像情報が保持される。科学技術用途において動画像再生に必要な最少の連続画像枚数は50枚(<60枚)である。これにより、画像は少しぎくしゃくするが5枚/秒で10秒間以上の動画像が再生できる。

【0053】

CCD転送路33の、インプットゲートを結ぶ垂直な線40に対する傾きは、

1画素分下方に進むごとに、転送路1ピッチ（転送路1本と、転送路を隔てるチャンネルストップ1本の幅の和）だけ左にずれる傾きである。

【0054】

1画素の長さにCCD要素が10個入る。また本実施形態ではCCD要素1個の縦の長さは4.8ミクロンで、転送路ピッチも4.8ミクロンで等しい。従って、1画素（10CCD要素）進むときに1転送路ピッチだけ左にずれる。従って傾きは1/10である。角度で表せばアークタンジェントを取って5.71°傾いている。ちなみに、転送路ピッチの内訳は、転送路が3.2ミクロン、チャンネルストップが1.6ミクロンである。

【0055】

このため、インプットゲート32aから下方へ1画素進むと、4.8ミクロン左にずれ、下の画素では、インプットゲート32bの左に、ちょうどCCD転送路が1本と、チャンネルストップ1本が入るスペースができる。

【0056】

もし、上のフォトダイオード30aから伸びるCCD転送路33aが垂直であるとき、下のフォトダイオードに直接接続する新たな転送路を作ろうとすれば、下のフォトダイオードをインプットゲート32bとともに、右にCCD転送路1ピッチ分ずらせば良い。この場合、上下のフォトダイオードに対する左右2本のCCD転送路の中心線はともに垂直になる。一方、インプットゲート32aと、インプットゲート32bを結ぶ線の方が右に1/10だけ傾斜するので、転送路の中心線とインプットゲートを結ぶ線は平行とはならない。この例は、原理的には本実施形態と同じであるが、本実施形態の方が正画面素配列である理由で優れている。

【0057】

また、上のフォトダイオードから降りてくる転送路を上のフォトダイオード（もしくは上の画素）の下端で止めれば、下のフォトダイオードに対する転送路を作ることができる。しかし転送路上のCCD要素の数が10個になるから、連続画像枚数が10枚となって動画像が再生できない。すなわちビデオカメラにはならない。

【0058】

もし、上から降りてくる転送路に、下のフォトダイオードで発生した画像情報を転送すると、上下の画素の画像情報が混じって画像を再生できない。

【0059】

転送路の中心線、インプットゲートを結ぶ線とともに垂直で平行にすることは可能ではある。上から降りてくる転送路33aの左側に下の画素のCCD転送路を作って、下のフォトダイオード30bから、CCD転送路33aを1本をまたいで電荷を送れば良い。この接続をCCD以外の原理、例えば単純に金属線でつなぐと電荷の完全転送ができない。CCD原理で跨ぐには、跨がれる要素が2方向交互転送要素となる。すなわち、跨ぐときには水平方向の転送、上からの画像情報を送るときは垂直転送になる。現在の技術水準で高速で2方向交互転送を行うことは難しい。実はこの技術はKosonockyらの発明における根幹技術であり、また彼らの発明の最大の問題点でもある。本発明の主目的はまさにこの問題点を解決することである。

【0060】

以上、上下のインプットゲートを結ぶ線に対してCCD転送路を傾斜させていることが本実施形態を可能にしている。

【0061】

1画素の縦のサイズは、48ミクロン(=4.8×10要素)である。転送路部分の幅は、転送路7本とチャネルストップ6本分を加えて32.0ミクロン(=3.2×7+1.6×6)である。従ってフォトダイオードの幅は16.0ミクロン(=48-32.0)である。画素数は256×256である。従って受光面の1辺は12.288mmである。チップサイズは15×15mmである。チップの製造、カメラの製作ともに標準的な光学系が使える。

【0062】

電荷収集井戸、ドレーン、インプットゲート、ドレーンゲート等はフォトダイオード領域上部に作られる。この領域の高さは6ミクロンである。従ってフォトダイオードの面積を画素面積で割った開口率は29.2%(=16.0×(48-6)/(48×48))である。オンチップマイクロレンズを乗せれば実質開口率は

上がる。

【0063】

撮影対象とする現象が生起したときは、連続上書き操作を停止する。その後転送路内に保持されている画像情報を読み出す。この読み出し手段について説明する。

【0064】

CCD転送路の転送操作は停止している。CCDの転送操作を1ステップだけ進める。この状態で全ての画素の中から1画素30aだけを選んで、転送路33aの下端のドレーンゲート35aだけを開く。これにより画素30aで発生した60個の画像情報のうち、最初の画像情報がドレーンゲート35aからドレーン36aへ、そしてドレーン線58aに排出される（図6参照）。全てのドレーン線58は一つにつながり、読み出し操作時には受光面外の読み出し回路に接続されている。読み出し回路を通じて素子外に画像情報として読み出される。

【0065】

すなわち、受光面内の読み出し線とドレーン線は共用されている。またドレーンゲートは読み出しゲートを兼ねている。

【0066】

画素を順次選択してゲートの一つづつ開けるにはMOS型回路を用いる。図9はMOS型読み出し回路を示す。

【0067】

画像情報（電荷）は各転送路の最下端要素に保持されている。読み出し兼ドレーンゲートが、図5で言えば垂直MOSスイッチ（ゲート）35である。垂直走査シフトレジスタ45から水平制御線56の中の1本56aに電圧を送ると、56aに連なる横1行の垂直MOSゲートが一斉に開いて通電状態となる。この状態を保って、水平走査シフトレジスタ46から受光面外に並んだ水平MOSゲート47に順次電圧を送る。電圧を送ったゲートに連なる垂直信号読み出し線と、通電中の水平制御線の交点に当たるフォトダイオード60（図4、図5では60番目の画像情報蓄積要素、すなわち最下端の転送路要素）から、画像信号が読み出し線58に流出する。以下、垂直走査シフトレジスタから、順次電圧を送り、

その状態で水平走査シフトレジスタを走査する。こうしてある時点に対する全ての画素の画像情報を順次読み出す。

【0068】

本実施形態ではCCD転送路に欠陥があっても、影響するのはその転送路に画像情報をインプットする1個のフォトダイオードが代表する画素だけであり、再生画像上では点状の欠陥となる。これは補正できるので製造歩留まり率を格段に向上させることができる。

【0069】

次に撮影条件設定中の間欠モニタリング手段について説明する。

【0070】

ドレーン36と電荷収集井戸31の間にはオーバーフローゲート48が設けられている。これにより、撮影時に強い光が入って過剰な電荷が生じたときは、ブルーミングが起これないように過剰電荷はドレーンに排出される。読み出し操作中はオーバーフローゲート48は完全に閉じる。オーバーフローゲート48はリセットゲートとしても使う。

【0071】

撮影条件の設定時には、オーバーフローゲート48を読み出し用MOSゲートとして使う。これにより、CCD転送路を経由することなく直接画像情報を読み出せる。この場合ドレーンゲート35は閉じる。例えば図5でフォトダイオード30aのオーバーフローゲート48aを開けると、電荷収集井戸31aに集まった電荷は、右のドレーンに移って受光面外に読み出される。

【0072】

撮影条件設定時の照明はストロボ等による間欠照明である。読み出し中の光の入射による電荷の発生を防ぐため、この間はメカニカルシャッターを閉じる。撮影後の読み出し中もメカニカルシャッターを閉じる。

【0073】

読み出し回路は上記のMOS回路に限らない。CMOS回路でも良い。CMOS回路はMOS型を改良して所用電力を下げたものである。高速撮影では照明用に大きな電力を必要とするので、電池を電源とする撮影はできない。従って本発

明ではMOS型でも良い。

【0074】

読み出し線の前段階に増幅回路を入れても良い。また電荷量を電圧に変換して、画像情報を破壊することなく何度も読み出せるようにしたCMD等を組み入れても良い。ノイズを低減したTSL-MOS型回路でも良い。これらの方法により、読み出し線を使った読み出しに特有のランダムノイズを低減させ、CCD転送路による低ノイズ転送の利点を生かすことができる。

【0075】

図6から図8は図5の上に重なる面を示している。図5は、CCD転送路の要素とポリシリコン電極の配列を示している。図6は第1（下層）金属線配置面を示している。図7は第2（上層）金属線配置面を示している。最上面の図8はフォトダイオード以外への光の入射を防ぐ遮光面50を示している。

【0076】

これらの図において、わかりやすいように、図6の第1金属層は図5の上に重ねて書いている。図7の第2金属層も図5の上に重ねて書いている。しかし、図が複雑になるので、図7には中間の第1金属層は書いていない。同様に図8には図5と最上層だけを書いている。

【0077】

各CCD要素34上には縦方向に3枚のポリシリコン電極51a、51b、51cが乗っている。各ポリシリコンの水平方向の長さは、転送路領域（左右の2列のフォトダイオードに挟まれる縦長の面）の幅30.6ミクロンである。幅は1枚当たり1.6ミクロンピッチである。3枚で4.8ミクロンピッチである。

【0078】

CCD転送路上を電荷を転送するために、ポリシリコン電極を駆動するための電圧を与える必要がある。図6で52a、52b、52cは駆動電圧を送るための3本一組のアルミニウム線である。それぞれ第1、第2、第3相の駆動電圧を送る。

【0079】

53a、53b、53cはコンタクトポイントである。図10は1本のアルミ

ニウム線からコンタクトポイントを経由してポリシリコン電極に至る駆動電圧の転送経路を示している。コンタクトポイントをチャネルストップ上に作るので、チャネルストップの幅は広め（デザインルールが0.8ミクロンでその2倍）にしている。

【0080】

図11はインプット・ゲート部の拡大図である。インプットゲート部分では第1、第2相のポリシリコン電極51d、51eが電荷収集井戸31まで延長されており、ポリシリコン電極に駆動電圧が加えられたとき、電荷収集井戸と転送路の間の電位障壁が下がって電荷は転送路上に転送される。

【0081】

図6の金属線58はドレーン、信号読み出し併用線である。

【0082】

図7で金属線56、57はそれぞれ、ドレーン・読み出し併用ゲート35およびオーバーフローゲート48の操作電圧を送るための金属線である。

【0083】

本実施形態では遮光層（図8）を除いて2層の金属層を用いている。2層あれば立体交差が可能になるので、受光面内外を問わず自由に回路が組める。

【0084】

（第2実施形態）

本発明に係る第2実施形態を図12に示す。実施形態1との違いは、MOSスイッチ型の読み出し回路のかわりに、フォトダイオードとフォトダイオードの間に水平CCD転送路80を備えていることである。ドレーン36は連続上書きとブルーミングコントロール等に使う。

【0085】

超高速撮影時には転送方向の急変による不完全転送を防ぐことは難しい。従って電荷をCCD転送路33上を上から斜め下に転送し、急角度で曲げ、水平CCD80に移すと、曲がった後の水平CCD要素上の画像情報は劣化する。しかしこれらは最初の数画面分の画像情報であり、これらを除いて60画面分の画像情報が転送路33上に蓄積されている。

【0086】

電荷収集井戸やオーバーフローゲート（リセットゲート兼用）等の配置は第1実施形態（図5）と同じである。電極や金属線等の配置も基本的に第1実施形態と同じである。水平CCDへの駆動電圧は、フォトダイオードの下部をかすめて、細い金属線で送る。透明ポリシリコンで送っても良い。

【0087】

一画面素周辺記録型撮像素子では、撮影終了後の読み出しは低速でゆっくり読み出すことができるので、直角方向の転送でもほぼ完全に転送できる。しかもこの場合は転送方向が交互に変わるのではなく、一定の方向なので電極の設計もとくに複雑にはならない。

【0088】

この場合CCDにより画像情報を完全に転送して受光面外まで転送し高い画質の画像を得ることがとできる。また読み出し線等が入らない分だけ撮像素子の構造が単純になり、画質が向上する。

【0089】

（第3実施形態）

図13に画素配置を示す。これからわかるように本実施形態は図2及び図3に示す緩やかな曲線部を持つCCD転送路を持つ撮像素子の画素を、正方配置に変えたものであると見ることもできる。また、図12に示す第2実施形態で急に曲がる角部をゆるやかな曲線に変えたものでもある。

【0090】

本実施形態では、図13に示す撮像素子を反転、回転して作られる4個の素子を、縦横の中心線に沿って接合した設計になっている。その中心部を示したものが図14である。これにより、正方配置の利点に加えて、後で述べるように中央線で1/4に切断・接合できる撮像素子になる。

【0091】

受光面内に斜行部や曲線部を持つCCD型撮像素子は提案された例がない。特に受光面内で何度もゆるやかに曲線を描くCCD型転送路は撮像素子技術者にとって全く馴染みがない。しかし本実施形態は、第1、第2実施形態に比べても、

不要な回路や急激な方向変化などを伴わない最も単純で無理のない構造になっている。

【0092】

ただし、大型の完全CCD撮像素子では製造歩留まり率が最大の問題である。本実施形態はこの課題を解決している。

【0093】

通常のCCD型撮像素子では受光面の端から端まで電極などが配置される。図1のKosonockyらの並列CCD型の場合も、端部まで電極やゲートが作り込まれている。

【0094】

本実施形態では、4個を組み合わせる前の1個の素子について、上辺と右辺には電極などが全く組み込まれない。受光面外からの制御電圧送付や受光面外への読み出し線等は、2層金属配線を使えば自由に組み込めるので、下辺と左辺から送ることができる。このような素子4個を組み合わせると、図14に示すように、中心線に沿って電極、電線等が全くない細長い領域が生じる。ただし中心線に面する画素については電荷収集井戸やドレーンの位置を少しずらしている。中心線に沿う領域では、図14に示すように、フォトダイオードのまわりに十分空間が開いているので、この程度の配置の変更は自由にできる。

【0095】

上下、左右2本の中央線83、84にそって、どこか1ないし2個所に欠陥のあるチップを切れば、1/4の無欠陥部分だけを取り出すことができる。またこうして取り出した1/4画素分のチップを突き合わせれば、大きいサイズの素子となる。のような切断・接合可能(cutable/butable)な配置により歩留まり率が格段に向上する。

【0096】

例えば、1/4画面の素子で歩留まり率が10%のとき、その2倍の画面では1%、もとのサイズではさらにその2乗の0.01%となり、10,000個製造して1個しか使えないことになる。1/4づつを使うときの歩留まり率は10%である。

【0097】

図2、図3に示す発明では切断・接合できない。これは、フォトダイオードの位置が少しづつ横にずれ、これらを結ぶ線が中心線と交わるからである。本発明では正画面素配置を採用しているので、画素の凹凸がない。これが切断・接合を可能にしている。

【0098】

第1、第2実施形態でも、中心線に沿って配置とフォトダイオードの形状を少し変更すると中心線に沿う切断可能な細長い領域を作ることができる。例えば中心線に沿うフォトダイオードの縦方向の長さを10ミクロン程度短くし、横幅を広げて他のフォトダイオードと同じ面積にすれば、中心線に沿って20ミクロンの切断可能領域ができる。中心線付近には記録用CCD転送路がほとんど組み込まれていないのでフォトダイオードを横に広げるための十分な空き空間がある。

【0099】

本実施形態では画素サイズは 48×48 ミクロンと通常の撮像素子に比べて極めて大きいので、接合時の位置合わせも容易である。

【0100】

以上によって歩留まり率を下げないで4倍面積の262,144画素($=512 \times 512$)の素子を作ることができる。さらに3板化すると約80万画素(正確には786,432画素)の高解像度で、100万枚/秒の撮影速度で連続60枚撮影できるビデオカメラとなる。

【0101】

撮像素子の費用は、線形に増加するだけで、 256×256 画素の場合の12倍になるだけである。

【0102】

3板式カメラで3枚の素子を順次使えば、約26万画素で連続180枚撮影できる。

【0103】

さらに切断・接合可能な性質を利用して設計・製造を容易にしたり、画素数を増やすことができる。例えば、本実施形態のCCD要素のピッチは 4.8×4.8 。

8ミクロンである。画素数は 256×256 である。CCD要素を 7.2×7.2 ミクロンとし、画素数を 320×320 とすると、 $1/4$ 画面では画素数が 160×160 となる。受光面サイズは1辺 11.52 mm ($=7.2 \times 10 \times 160$) となりかなり余裕のある設計となる。

【0104】

本実施形態では撮影条件設定時の間欠モニタリング手段は素子の中には組み込まれていない。必要であれば第1実施形態と同じように組み入れても良い。その他のゲート操作、電極、金属線配置等は基本的に第1、第2実施形態と同じである。

【0105】

本発明の実施形態は以上の第1から第3実施形態に限られるものではない。

【0106】

第1から第3実施形態では、電荷収集井戸31とインプットゲート32はフォトダイオード30の左上隅に、ドレーンゲート35とドレーン36はフォトダイオードの右上隅に設けているが、これらの設置位置は右が左に上が下になっても良い。インプットゲートとドレーンが近接しておればオーバーフローゲート48はその間に設けることができる。

【0107】

図15に示すような鉛直オーバーフローゲート90兼リセットゲート91を設けるときは、インプットゲートとドレーンの位置は離れていても良い。例えば第1から第3実施形態でインプットゲートをフォトダイオードの真ん中左、又は真ん中右に置いても良い。

【0108】

また実施形態1で、図16(A)から(D)に示すように上下のフォトダイオード30d、30eの間に電荷収集井戸、インプットゲート、オーバーフローゲート、ドレーンを備えても良い。これらの場合には、フォトダイオードの中を電荷が輸送される距離が半分になる。通常、数10ミクロンの長さのフォトダイオード上を電荷が移動するのに1マイクロ秒程度かかる。長さが半分になると転送時間が半分になり、それだけ高速化できる。

【0109】

さらに画素中心のゲート領域に増幅器を備え、読み出し回路を少し変更するとCMOS-APS型の読み出し方式となり、SN比が大きく改善される。

【0110】

フォトダイオード上の電荷の移送速度を上げるには、フォトダイオード内に、電荷収集井戸方向に電位勾配を付ければ良い。この場合、フォトダイオードの長さが長い程、電荷収集井戸の電位は深くなる。電荷収集井戸からCCD転送路に電荷を転送するには、井戸は浅い方が良い。フォトダイオード中に電位勾配を付ける場合、フォトダイオードの長さが半分であると、井戸の深さも浅くなる。

【0111】

画素配置は完全正方配置に限らない。図17に示すような、正方形もしくは長方形の升目の一つおきにフォトダイオードの中心が配置された千鳥配置でも良い。

【0112】

積層型にしても良い。積層型は技術的には難しいが100%に近い開口率が得られる。記録部の占有面積率も100%に近い値となる。この場合も、上下の画素のインプットゲートを結ぶ線に対してCCD転送路は斜行する。このことが本発明の要点である。

【0113】

積層型の場合は、受光面のかわりに、光以外の電磁波や粒子流を受けて電気信号に変換する材料からなる面を乗せやすい。光以外の電磁波や粒子流を一旦光に変換する層、例えばX線を光に変換する蛍光面等を設けても良い。

【0114】

電子線を直接受けるものは透過型電子顕微鏡に入れれば、超高速電子顕微鏡となる。

【0115】

撮影条件設定のための間欠モニタリング機能はカメラの構造に組み入れても良い。例えば、入射光をミラーもしくはプリズムでモニタリング用の別の撮像素子に入射させるようにしても良い。この場合は、感度と入射光強度の関係を、画素

周辺記録型撮像素子による連続撮影の条件と合わせる必要がある。

【0116】

第1から第3実施形態を通じて受光面外の読み出し用水平CCD、カメラ等の構成は一般的なものであり、本明細書で参照した従来技術の明細書や教科書（例えば、竹村裕夫、CCDカメラ技術入門、コロナ社）にも記述されている。従って本明細書では改めて説明していない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 Kosonockyらの発明になる並列CCD型画素周辺記録型撮像素子を示す部分概略正面図である。

【図2】 曲線部を持つ延直CCD型画素周辺記録型撮像素子を示す部分概略正面図である。

【図3】 (A) 曲線部を持つ2重延直CCD型画素周辺記録型撮像素子を示す部分概略正面図、(B)は(A)の部分拡大図である。

【図4】 実施形態1の正方配列XYアドレス読み出し延直CCD型画素周辺記録型撮像素子を示す部分概略正面図である。

【図5】 実施形態1における電極等の配置を示す概略図である。

【図6】 実施形態1におけるCCD駆動電圧送付用金属線等の配線を示す概略図である。

【図7】 実施形態1における読み出し制御用金属線の配置を示す概略図である。

【図8】 実施形態1における遮光層を示す概略図である。

【図9】 MOS型XYアドレス読み出し回路を示す回路図である。

【図10】 (A)はコンタクトポイントを示す斜視図、(B)はコンタクトポイントを示す側面図である。

【図11】 実施形態1のインプットゲートを示す概略図である。

【図12】 実施形態2における画素とCCDの配置を示す部分概略正面図である。

【図13】 実施形態3における画素とCCDの配置を示す部分概略正面図である。

【図 14】 実施形態 3 における中心部の画素と CCD の配置である。

【図 15】 鉛直オーバーフローゲート兼リセットゲートを示す概略図である。

【図 16】 (A) 真中を横切るゲート領域を持つフォトダイオードを示す部分側面図、(B) は (A) の XVI-XVI' 線での断面図、(C) 真中を横切るゲート領域を持つフォトダイオードを示す部分側面図、(D) は (C) の XVI'-XVI' 線での断面図である。

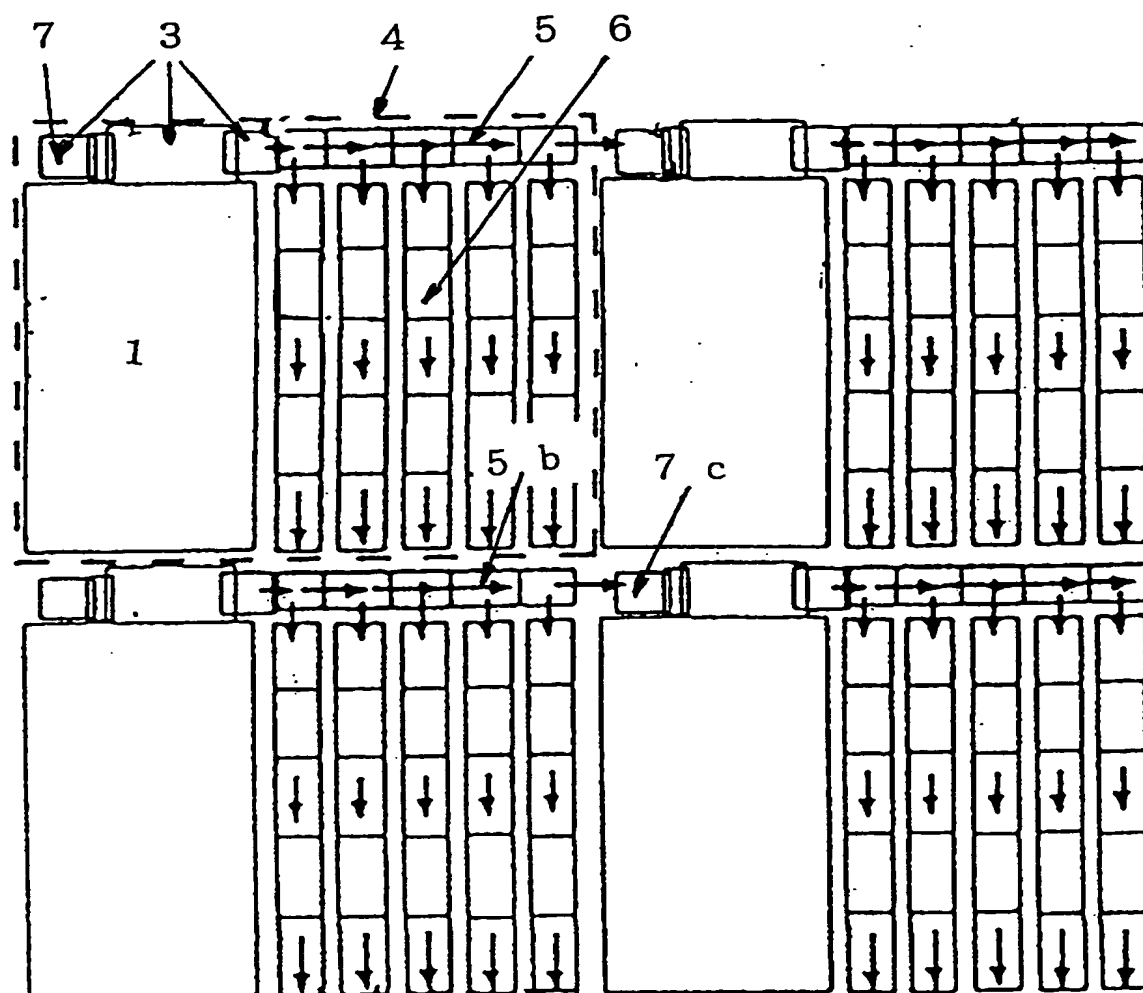
【図 17】 千鳥状の画素配置を示す部分概略正面図である。

【符号の説明】

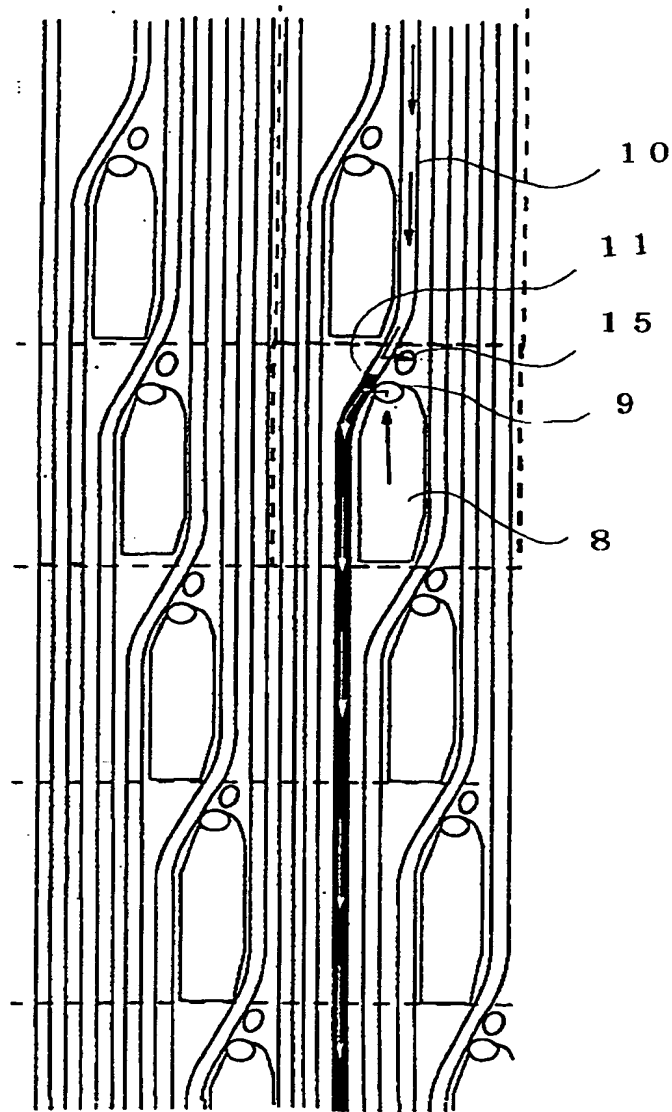
- 30 フォトダイオード
- 31 電荷収集井戸
- 32 インプットゲート
- 33 CCD 転送路 (記録領域)
- 34 CCD 転送路の要素
- 35 ドレーンゲート
- 36 ドレーン
- 48 オーバーフローゲート
- 50 遮光層
- 52 CCD 駆動電圧送付線
- 53 コンタクトポイント
- 57 XY アレー読み出し制御電圧送付線
- 58 ドレーン、読み出し併用線

【書類名】 図面

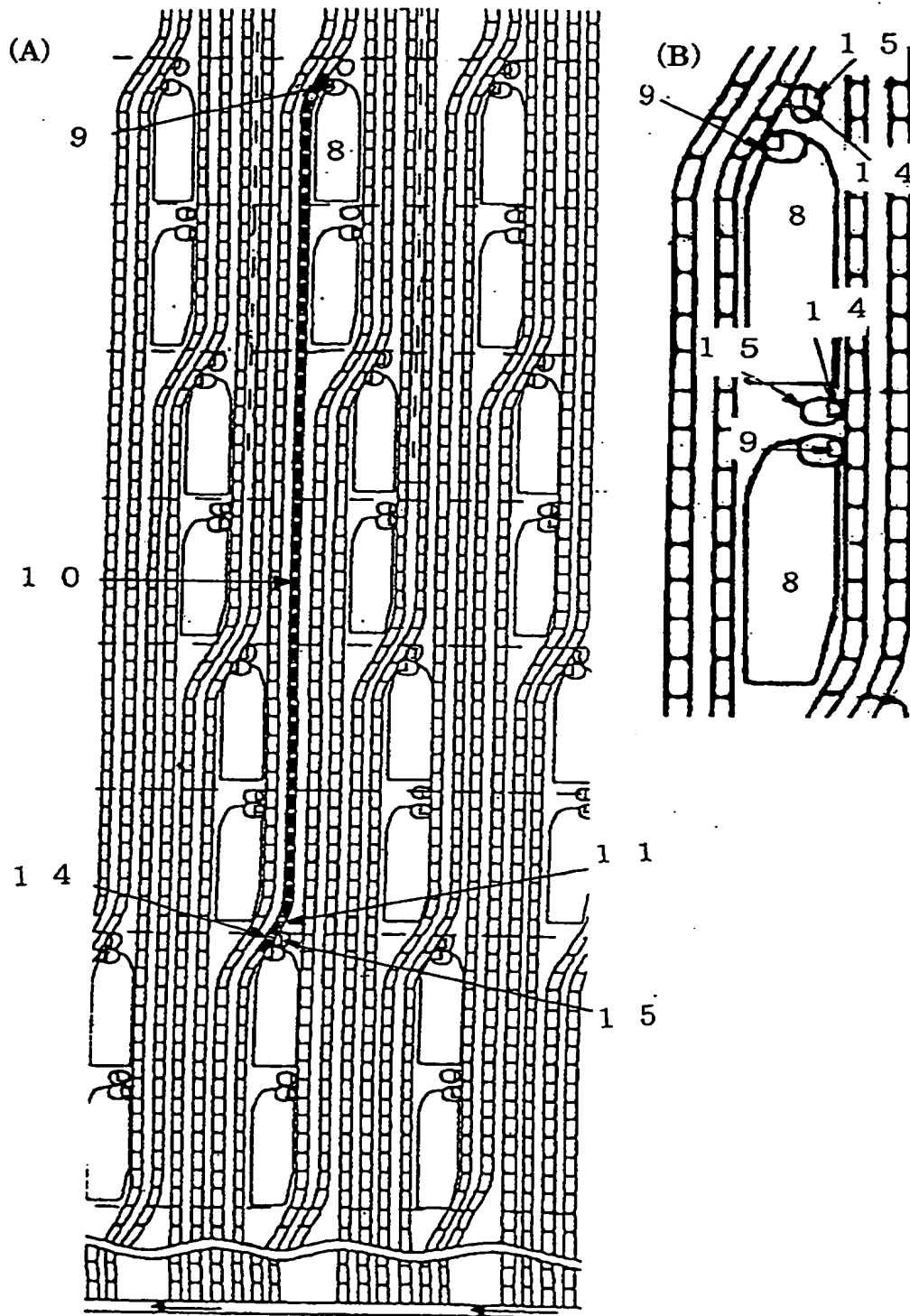
【図 1】



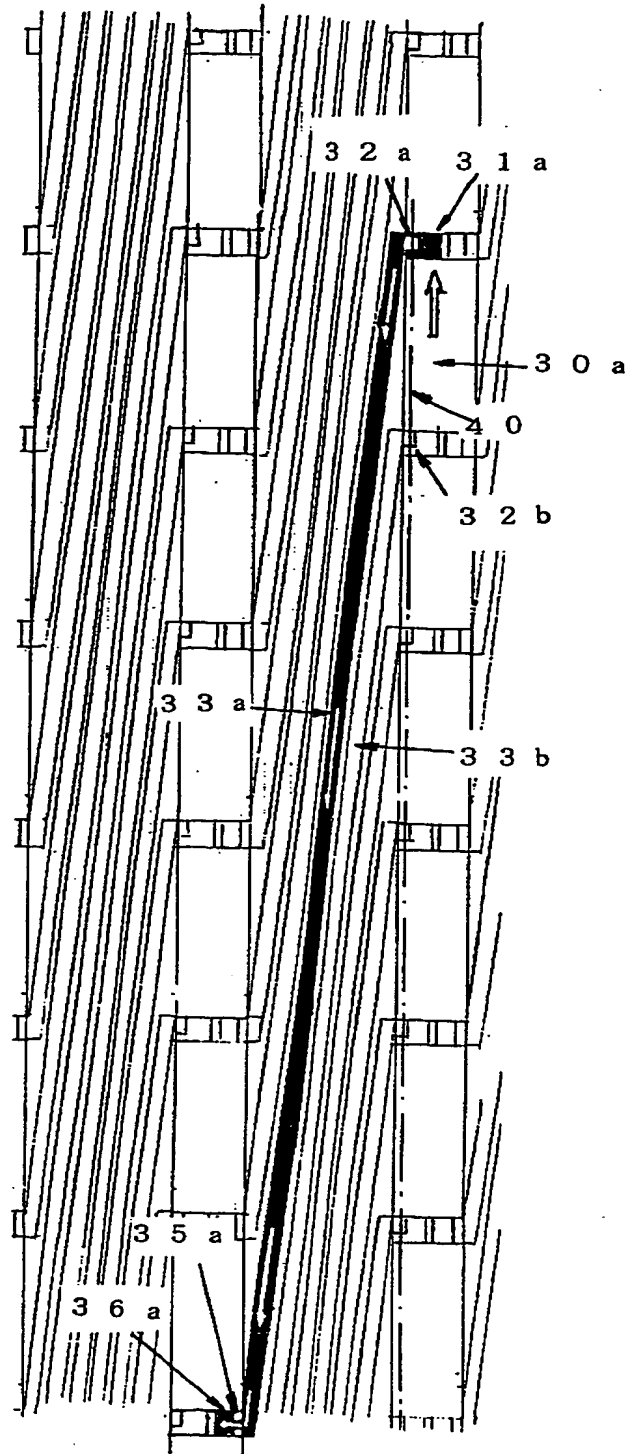
【図 2】



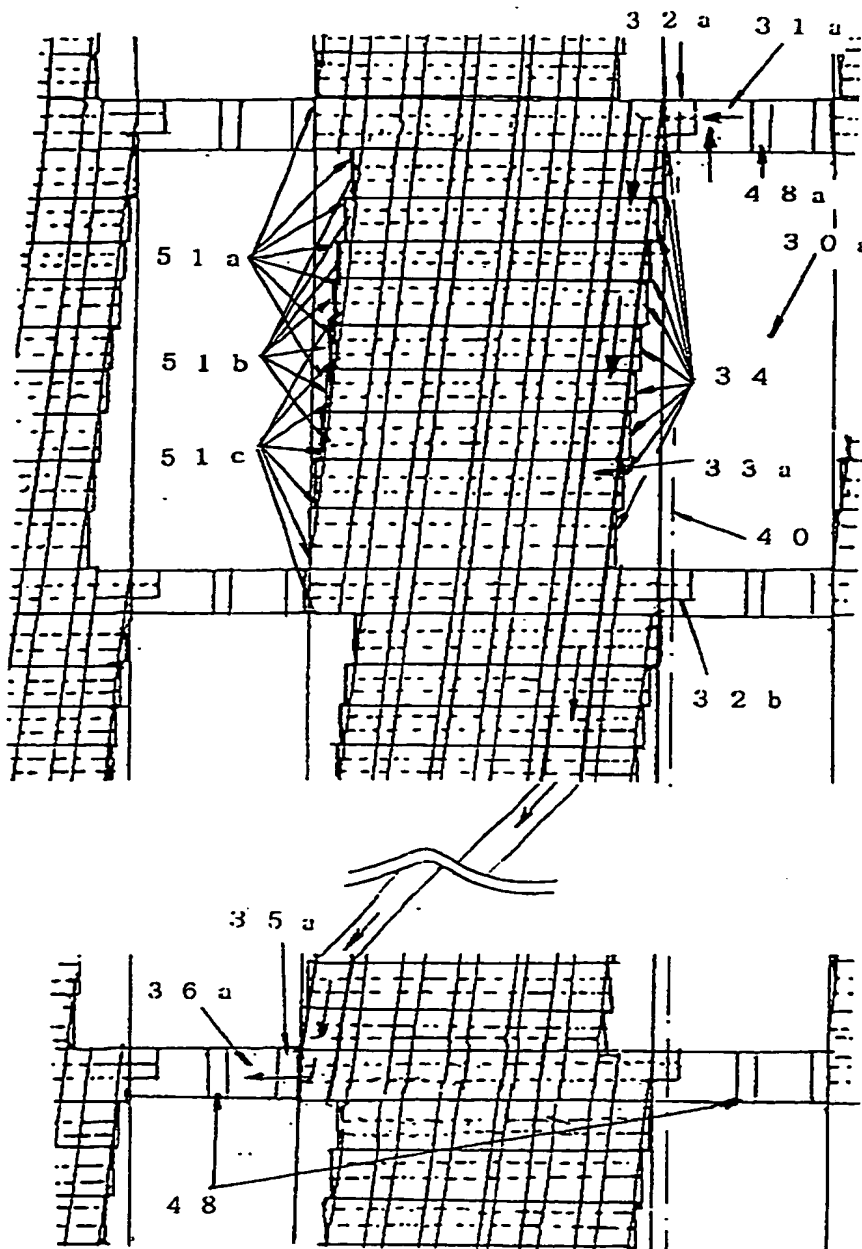
【図 3】



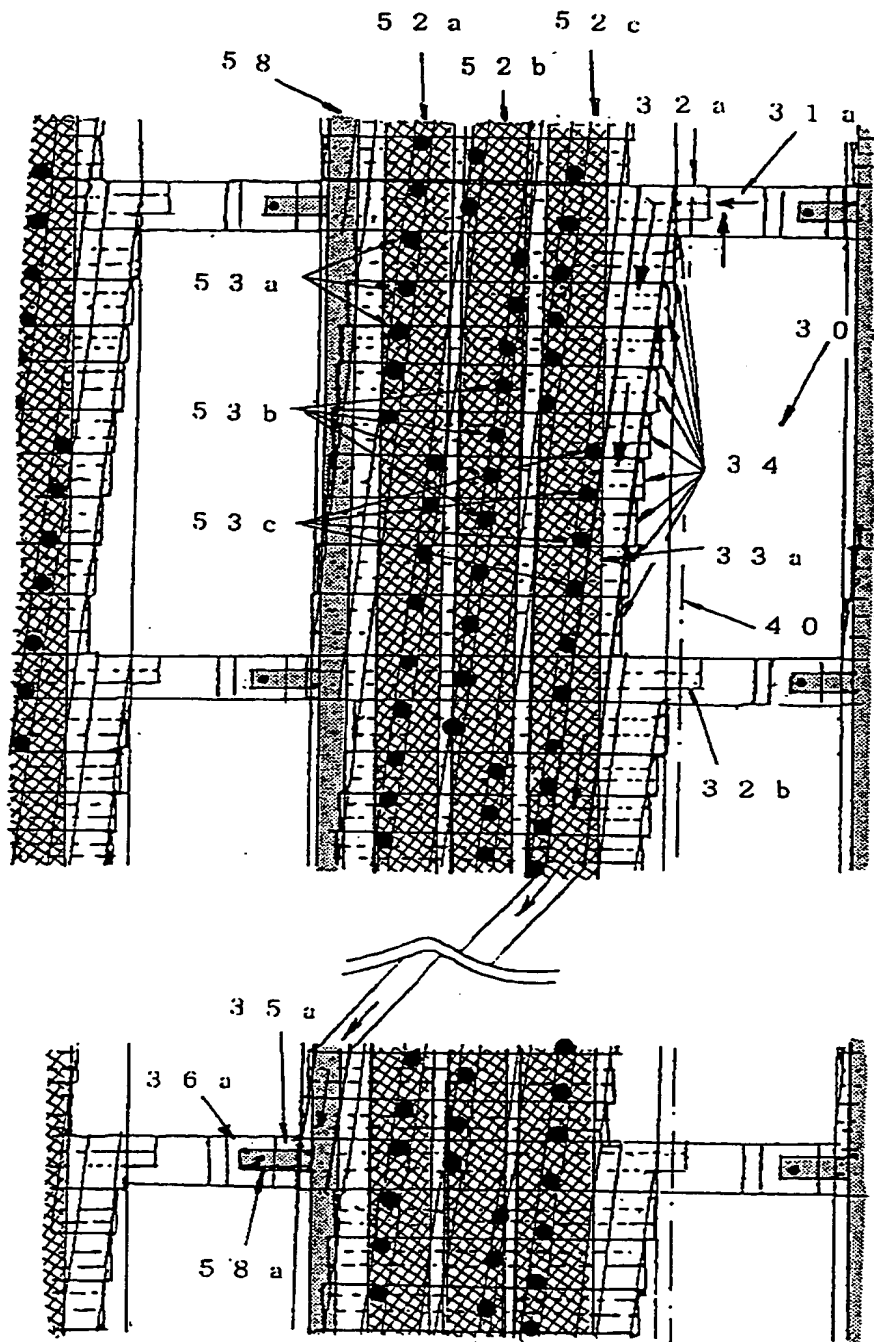
【図 4】



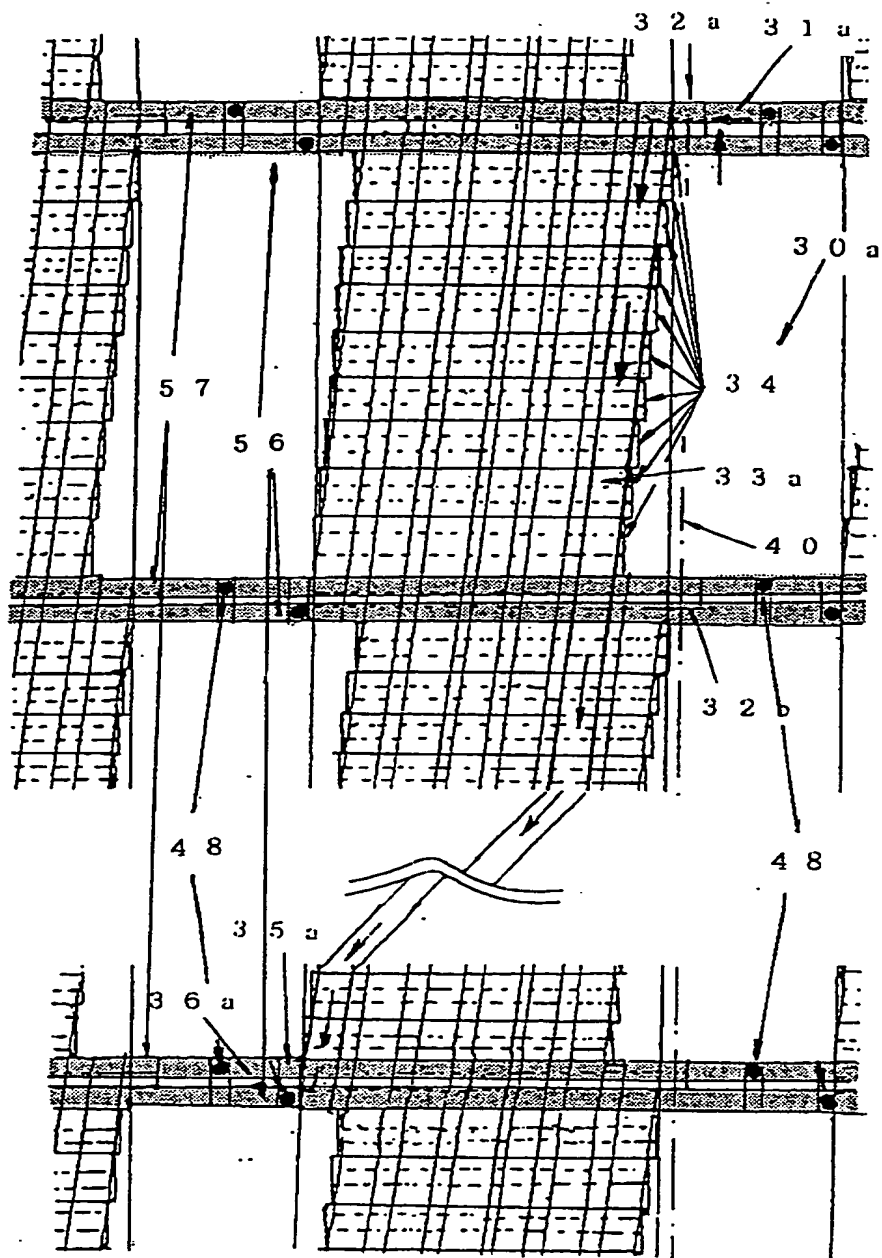
【図 5】



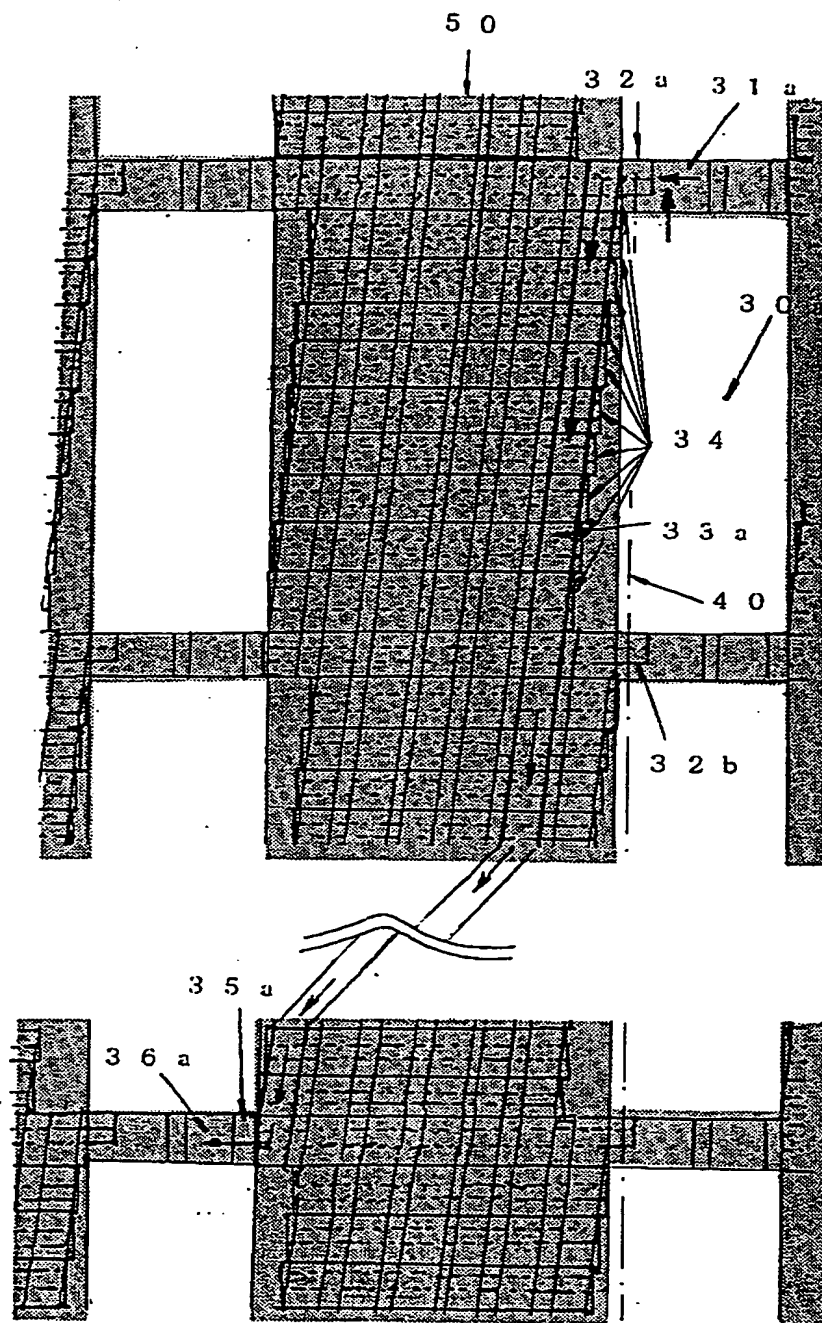
【図6】



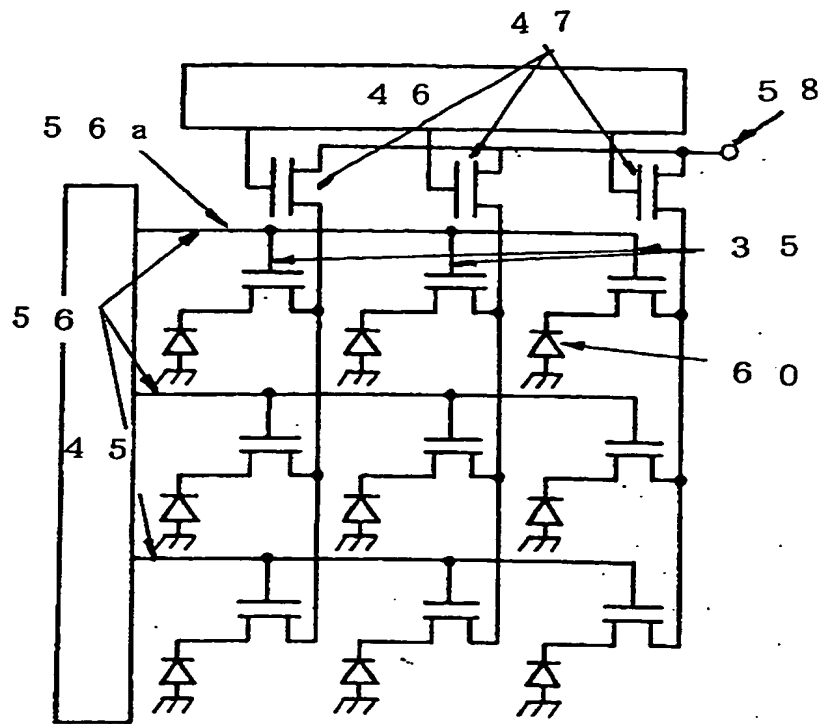
【図 7】



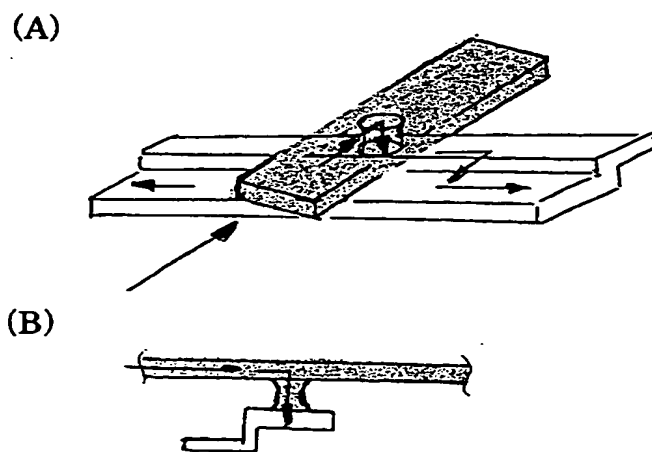
【図 8】



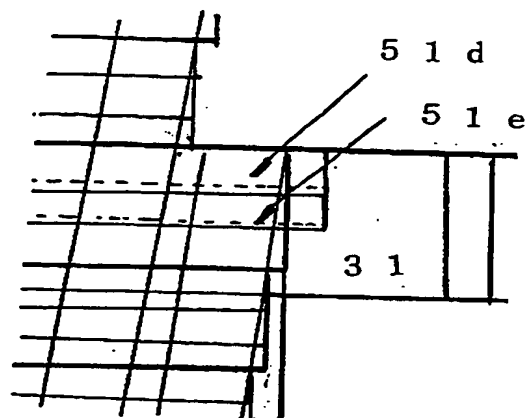
【図 9】



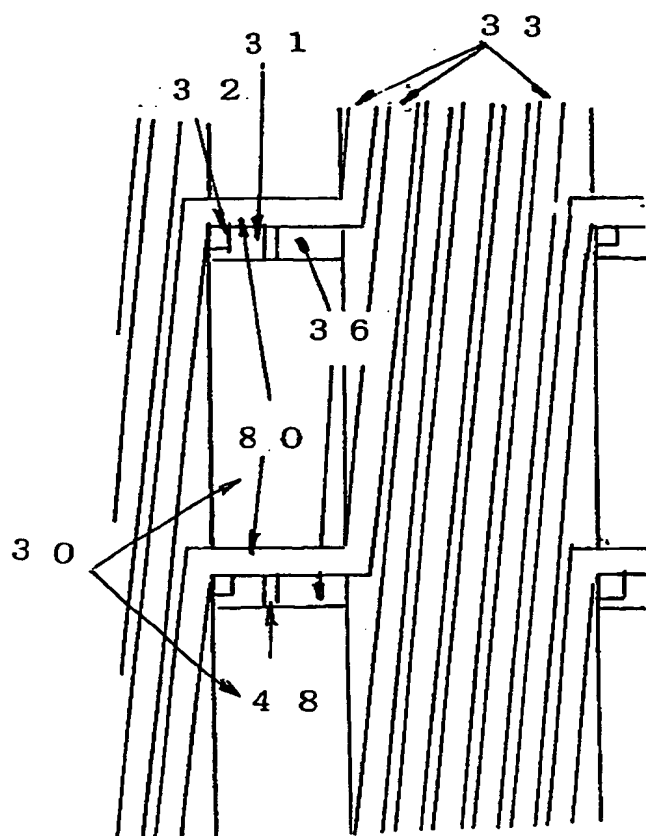
【図 10】



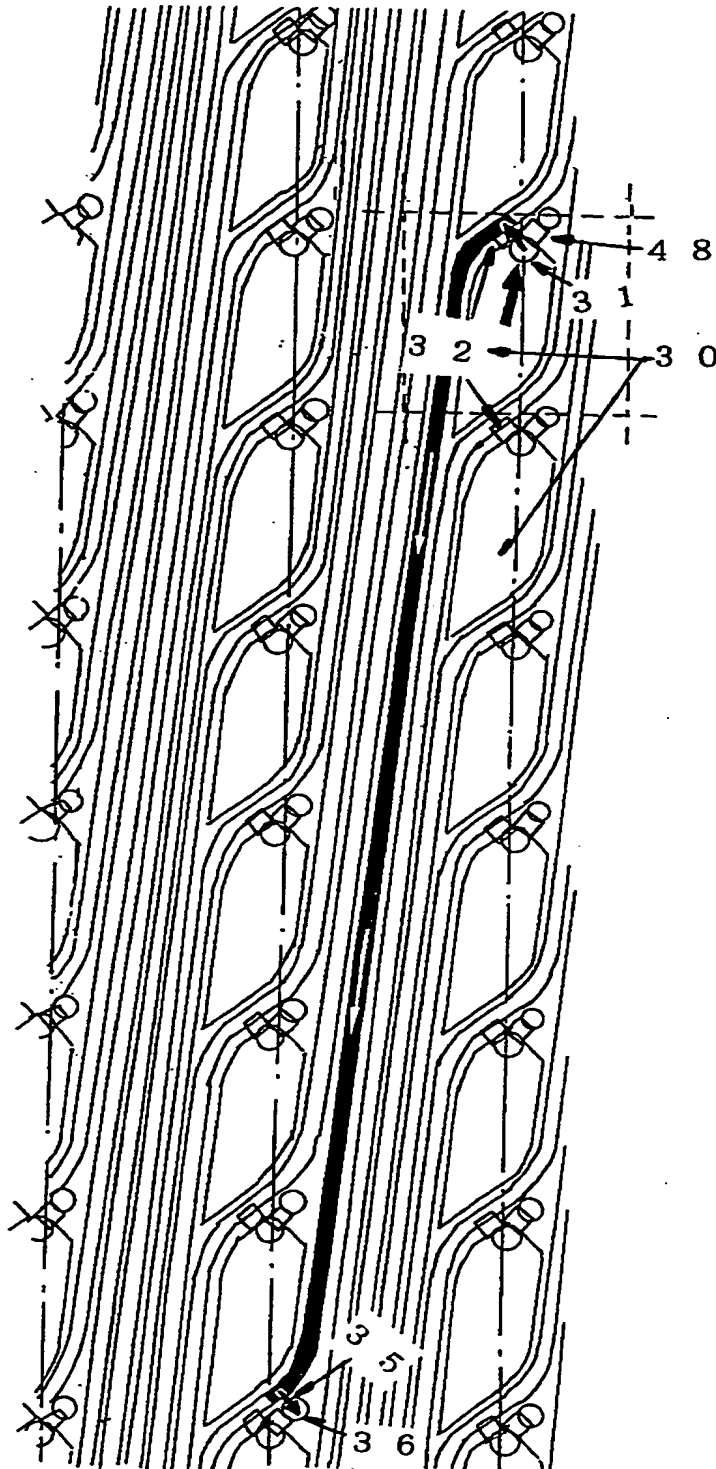
【図11】



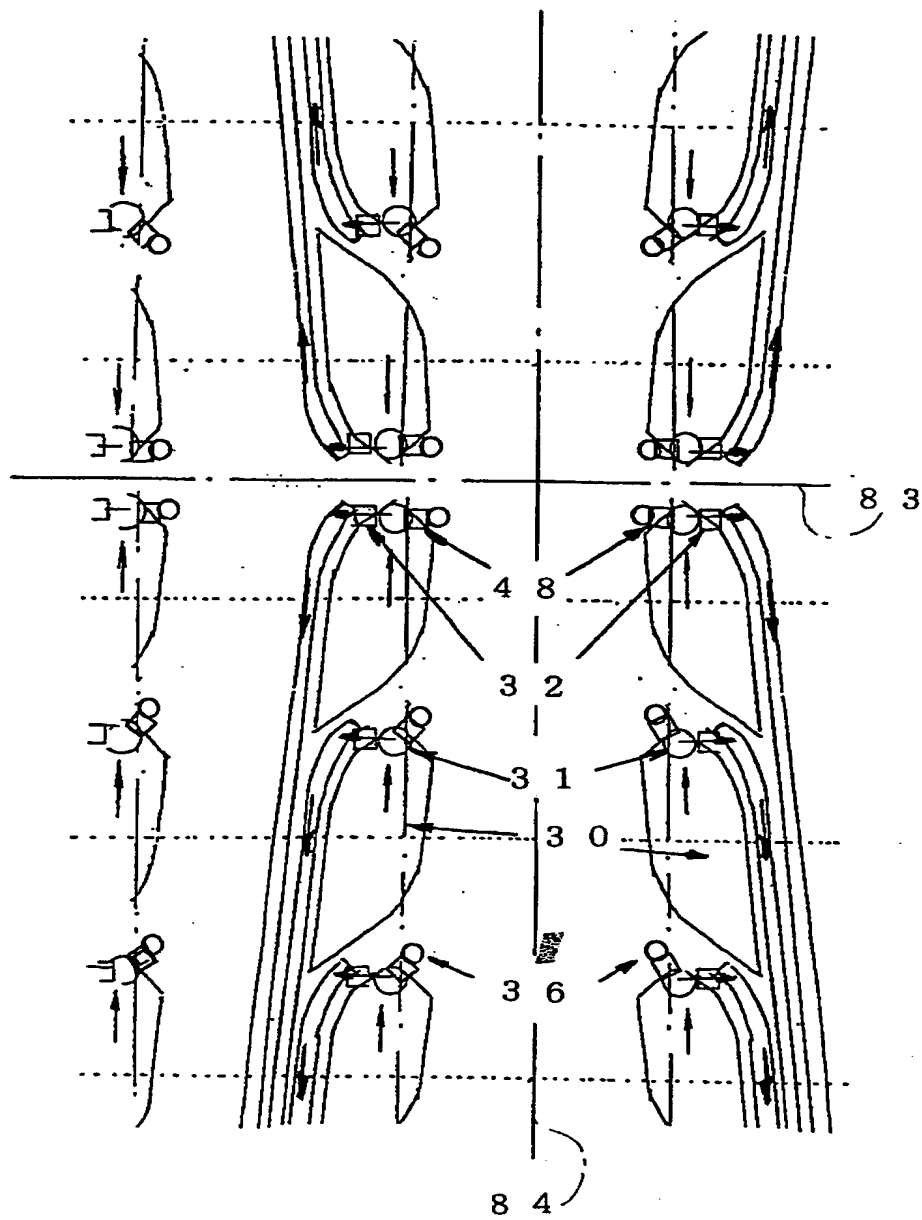
【図12】



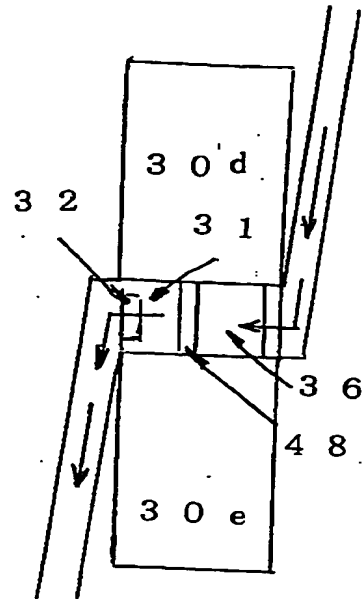
【図 13】



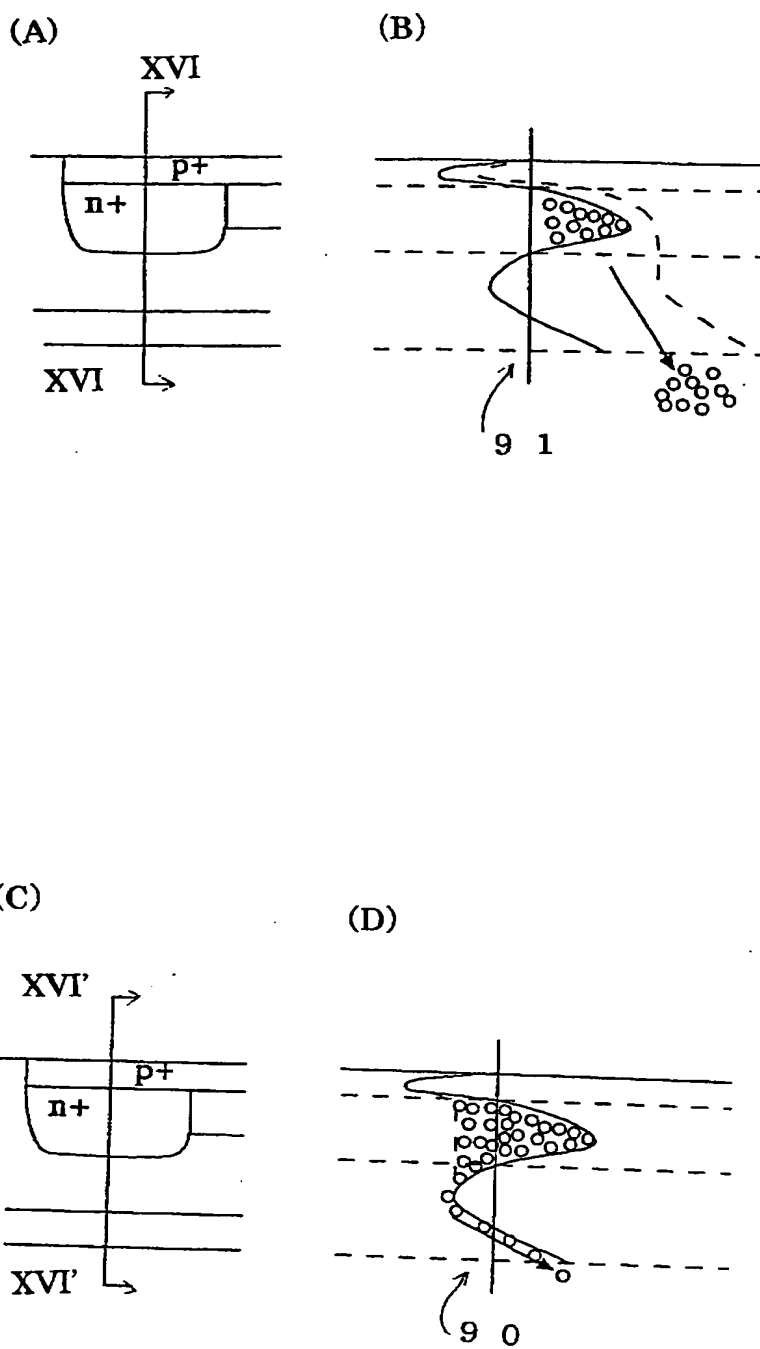
【図 14】



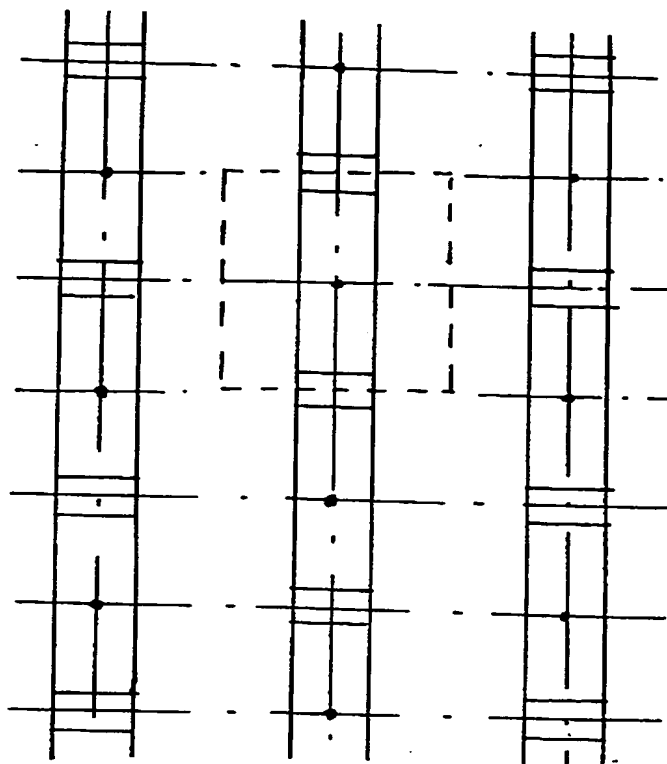
【図 15】



【図 16】



【図17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 100万枚／秒の撮影速度で、多数の連続画像を撮影できる撮像素子を提供する。

【解決手段】 高速撮像素子は、入射する光の強度に応じた電気信号を発生する複数の光電変換手段（30）と、複数の電荷結合素子型電気信号転送路（31）を備える。光電変換手段（30）の配列が正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置されている。近接する2個の光電変換手段（30）のそれぞれから電気信号転送路へ電気信号を入力する2個所の点を結ぶ直線（40）に対して、電気信号転送路（31）はも中心線が平行もしくは直角でない。

【選択図】 図4

【書類名】
【訂正書類】

職権訂正データ
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

591128888

【住所又は居所】

大阪府箕面市粟生間谷東7丁目21番2号

【氏名又は名称】

江藤 剛治

【代理人】

申請人

【識別番号】

100062144

【住所又は居所】

大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMPビル 青山特許事務所

【氏名又は名称】

青山 葆

【選任した代理人】

【識別番号】

100073575

【住所又は居所】

大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMPビル 青山特許事務所

【氏名又は名称】

古川 泰通

【選任した代理人】

【識別番号】

100100170

【住所又は居所】

大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMPビル 青山特許事務所

【氏名又は名称】

前田 厚司

【選任した代理人】

【識別番号】

100111039

【住所又は居所】

大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMPビル 青山特許事務所

【氏名又は名称】

前堀 義之

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [591128888]

1. 変更年月日 1991年 6月13日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府箕面市栗生間谷東7丁目21番2号
氏 名 江藤 剛治